

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-036495

(43)Date of publication of application : 07.02.1997

(51)Int.Cl.

H01S 3/18
H01S 3/103

(21)Application number : 07-207650

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 21.07.1995

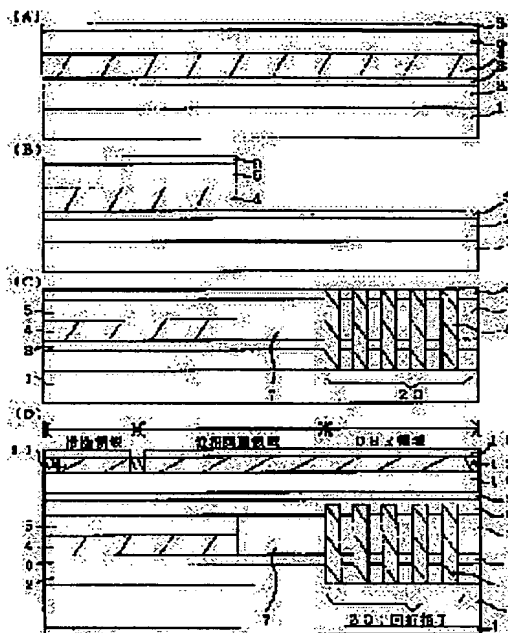
(72)Inventor : KUDO KOJI

(54) VARIABLE WAVELENGTH SEMICONDUCTOR LASER FOR OPTICAL COMMUNICATION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a single current continuous wavelength control where jumping of mode is eliminated by introducing a periodic structure comprising a region where the refractive index is varied by current injection, voltage application or temperature and a region where the refractive index is not varied into a DBR region.

SOLUTION: A light confinement layer 2, an etch stop layer 3, a multiple quantum well layer 4, a light confinement layer 5, and a p-InP layer 6 are grown sequentially on a substrate 1. The p-InP layer 6, light confinement layer 5 and multiple quantum well layer 4 are then removed by selective etching from a phase regulation area. Subsequently, a tuning layer 7 and a p-InP layer 6 are grown selectively only in the phase regulation area and DBR region. Finally, a stripe diffraction grating pattern is formed in the DBR region and a dielectric layer 8 is buried in a valley. The diffraction grating 20 in the DBR region is formed of the tuning layer 7 where the refractive index is varied by current injection and the dielectric layer 8 where the refractive index is not varied.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

21.07.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2713256

[Date of registration]

31.10.1997

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-36495

(43) 公開日 平成9年(1997)2月7日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 S 3/18
3/103

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 S 3/18
3/103

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数 6 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-207650

(22) 出願日 平成7年(1995)7月21日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 工藤 耕治

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

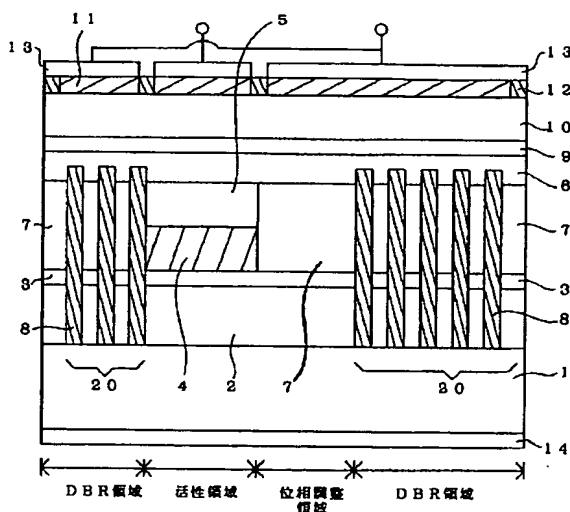
(74) 代理人 弁理士 加藤 朝道

(54) 【発明の名称】 光通信等に用いる波長可変半導体レーザ

(57) 【要約】

【課題】 活性領域、位相調整領域及びDBR領域とが共振器方向に一直列に配置された波長可変DBRレーザにおいて単一電流でモード飛びのない連続波長制御を可能とする。

【解決手段】 DBR領域に電流注入、電圧印加あるいは温度変化により屈折率変化の生じる領域R1と、電流注入、電圧印加あるいは温度変化によって屈折率が変化しない領域R2とで一周期を構成する周期構造を導入し、位相調整領域及びDBR領域に均一に電流注入、電圧印加あるいは温度の変化時、DBR領域の等価屈折率変化を位相調整領域の等価屈折率変化の1/2に設定できる。周期構造の一周期を発振波長の1/2整数倍の長さとし少ない周期で高反射率が得られる分布反射器を形成でき、レーザ共振器のマイクロ化、極低閾値電流での発振が可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板上に、電流注入により利得を生じる活性層を含む活性領域と、
電流注入、電圧印加、及び温度変化のうちの少なくともいずれかにより屈折率変化を生じるチューニング層を含む位相調整領域と、
DBR (Distributed Bragg Reflector; 分布ブラッグ反射) 領域とが、
共振器方向に一行に配置され、
前記DBR領域は周期構造を有し、
該周期構造が、電流注入、電圧印加、及び温度変化のうちの少なくともいずれかにより屈折率の変化が生じる第1の領域(R1)と、
電流注入、電圧印加、及び温度変化のいずれによっても屈折率の変化が生じない第2の領域(R2)と、でその一周が構成されてなることを特徴とする波長可変半導体レーザ。

【請求項2】前記DBR領域の周期構造は、その一周が、発振光の媒質内波長の1/2の整数倍の長さとなされていることを特徴とする請求項1記載の波長可変半導体レーザ。

【請求項3】前記DBR領域の周期構造は、その一周が、関係式、

$$\Lambda_1 n_1 / (\Lambda_1 n_1 + \Lambda_2 n_2) = L_{oc} / (L_a + L_{oc})$$

(但し、 L_a 及び L_{oc} はそれぞれ活性領域及び位相調整領域の長さを示し、 Λ_1 、 n_1 は、それぞれ第1の領域R1の長さ、第1の領域R1の等価屈折率を示し、また Λ_2 、 n_2 はそれぞれ第2の領域R2の長さ、第2の領域R2の等価屈折率を示している)を満足することを特徴とする請求項1または2記載の波長可変半導体レーザ。

【請求項4】前記周期構造一周内の、電流注入、電圧印加、及び温度変化のいずれによっても屈折率の変化が生じない第2の領域(R2)が、誘電体からなることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の波長可変半導体レーザ。

【請求項5】全共振器長が、マイクロ共振器効果の現れる程度の長さ以下とされたことを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の波長可変半導体レーザ。

【請求項6】前記誘電体が空気又はSiO₂からなることを特徴とする請求項4記載の波長可変半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、光通信等に用いる波長可変半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】波長多重(WDM; Wavelength Division Multiplexing)光通信、光計測システム用光源としての波長可変半導体レーザには、広い波長可変幅、連続的に波長制御が可能であること、また波長制御のための制御電流の駆動方法が簡単であること等が要求されてい

る。これまでに多くの波長可変半導体レーザが提案されているが、それらは大きく分けて、(1)電流注入型と、(2)抵抗加熱型に分類することができる。

【0003】このうち、電流注入型波長可変半導体レーザは、応答速度が速いという利点を有するが、波長可変幅は10nm程度と比較的小さい。一方、抵抗加熱型波長可変半導体レーザは、応答速度はミリ秒程度であるが、約30nmという広い波長可変幅が得られており、主として波長可変幅そのものが重要な用途に対しては非常に有望な光源といえる。

【0004】電流注入型波長可変半導体レーザの従来例の一つとして、3電極波長可変DBR (Distributed Bragg Reflector; 分布ブラッグ反射型) レーザが挙げられる。

【0005】この種の従来のレーザとしては、例えばMurata等による報告(IEEE Electron. Lett., Vol. 24, No. 10, pp. 577-579, 1988, S. Murata他、「文献1」という)等に記載されたものがある。

【0006】前記文献1に記載の波長可変DBRレーザは、電流注入によって利得を生じさせる活性領域、電流注入によって屈折率変化の生じる位相調整領域、及び回折格子分布反射器を有するDBR領域、を素子内部に有し、DBR領域へ電流を注入することによってDBR領域の回折格子のブラッグ波長を変化させ、レーザの発振波長を変化させることができる。また、DBR領域への注入電流とは別に、独立に位相調整領域への注入電流を制御することで連続波長可変特性も実現できる。

【0007】また、抵抗加熱型波長可変レーザの従来例の一つとして、受動導波路加熱型(HOPE)DBRレーザが挙げられ、例えばMori等による報告(Technical Report of IEICE OP E94-112, LQE94-91 (1995-02), pp. 25-30頁, H. Mori他、「文献2」という)等がある。

【0008】このHOPE-DBRレーザは、活性領域、位相調整領域、及びDBR領域からなり、位相調整領域とDBR領域の導波路上に形成された白金抵抗膜に電流を流すことによって抵抗膜を発熱させ、位相調整領域とDBR領域の媒質の温度上昇に伴う媒質の屈折率変化を利用して発振波長を変化させるもので、約30nm程度の波長制御ができる。

【0009】これら電流注入型DBRレーザや、抵抗加熱型DBRレーザにおいて、連続的な波長制御を得るためには、例えば特開昭61-54690号公報に記載されているように、下記の関係式(1)を満たすように位相調整領域及びDBR領域の注入電流、または各領域の温度変化を調節する必要がある。

【0010】

$$\Delta n_{a,br} / \Delta n_{oc} = L_{oc} / (L_a + L_{oc}) \quad \cdots (1)$$

3

【0011】ここで、 $\Delta n_{a,r}$ 、 $\Delta n_{p,c}$ は、それぞれDBR領域及び位相調整領域に電流注入した時、あるいは各領域の温度を変化させた時の各領域での等価屈折率の変化量を示し、 $L_{a,r}$ 、 $L_{p,c}$ は、それぞれ位相調整領域及び活性領域の領域長を示している。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の電流注入型波長可変DBRレーザや、抵抗加熱型波長可変DBRレーザは、単一電流を均一に位相調整領域、及びDBR領域へ注入した場合、上式(1)の連続波長制御条件を満

足せず、波長変化が不連続となり、モード飛びの無い連続波長制御のためには、独立した2つ以上の駆動電流を必要とし、制御が複雑であるという問題を有していた。

【0013】従って、本発明の目的は、上記問題点を解消し、電流注入、電圧印加、あるいは温度変化により屈折率変化の生じる領域と、電流注入、電圧印加、あるいは温度変化によって屈折率変化の生じない領域とによって一周期が構成された周期構造をDBR領域に導入することにより、単一電流でモード飛びのない連続波長制御

【0014】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため *

$$\Lambda_1 n_1 / (\Lambda_1 n_1 + \Lambda_2 n_2) = L_{pc} / (L_a + L_{pc}) \quad \cdots (2)$$

【0018】但し、 L_a 及び L_{pc} はそれぞれ活性領域及び位相調整領域の長さを示し、 Λ_1 、 n_1 は、それぞれ第1の領域R1の長さ、第1の領域R1の等価屈折率を示し、また Λ_2 、 n_2 はそれぞれ第2の領域R2の長さ、第2の領域R2の等価屈折率を示している。

【0019】

【作用】以下、本発明の波長可変DBRレーザの原理について説明する。

【0020】波長可変DBRレーザにおいて、単一電流で連続波長制御を実現するためには、上式(1)の連続波長制御条件を満足するために、単一電流を均一に位相調整領域、及びDBR領域に注入したとき、位相調整領域の等価屈折率変化 $\Delta n_{a,r}$ をDBR領域の等価屈折率変化 $\Delta n_{p,c}$ よりも大きくするようにしなければならない。

【0021】この条件は、DBR領域に、電流注入、電圧印加、あるいは温度変化により屈折率変化の生じる第1の領域R1と、電流注入、電圧印加、あるいは温度変化によって屈折率変化の生じない第2の領域R2とによって、一周期が構成された周期構造を導入することにより満足することができる。

【0022】更に、DBR領域において、第1の領域R1の長さ Λ_1 と第2の領域R2の長さ Λ_2 を上式(2)を満足するようにした場合、上式(1)の連続波長制御条件を満足することができる。

【0023】このため、本発明によれば、抵抗加熱型、電流注入型のいずれの場合にも単一電流で連続波長制御

4

*め、本発明は、半導体基板上に、電流注入により利得を生じる活性層を含む活性領域と、電流注入、電圧印加、及び温度変化のうちの少なくともいずれかにより屈折率変化を生じるチューニング層を含む位相調整領域と、DBR (Distributed Bragg Reflector; 分布ブラッグ反射) 領域とが、共振器方向に一列に配置され、前記DBR領域は周期構造を有し、該周期構造が、電流注入、電圧印加、及び温度変化のうちの少なくともいずれかにより屈折率の変化が生じる第1の領域(R1)と、電流注入、電圧印加、及び温度変化のいずれによっても屈折率の変化が生じない第2の領域(R2)と、でその一周期が構成されてなることを特徴とする波長可変半導体レーザを提供する。

【0015】本発明においては、前記DBR領域の周期構造は、その一周期が、発振光の媒質内波長の1/2の整数倍の長さとしてされていることを特徴とする。

【0016】本発明においては、前記DBR領域の周期構造は、その一周期が次式(2)で規定される関係を満たすことを特徴とする。

【0017】

【数1】

が可能であるため、その駆動回路の大幅な簡単化を計ることができる。更に、本発明においては、回折格子一周期の反射率が例えば約32%と大きいため、光の反射に必要な回折格子数は約10周期程度(長さ約4 μ m)であり、レーザの全共振器長を50 μ m程度にマイクロ共振器化することができ、極低しきい値発振が可能としている。

【0024】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態例を図面を参照して以下に説明する。

【0025】

【実施形態1】 <電流注入型波長可変DBRレーザ> 図1は、本発明の第1の実施形態に係る1.55 μ m帯の電流注入型波長可変DBRレーザを製造工程順に模式的に示した図である。

【0026】まず、図1(A)に示すように、n-InP基板1上に全面に、一回目のMOVPE (Metal Organic Vapor Phase Epitaxial Growth; 有機金属気相エビタキシャル成長)で、組成波長1.2 μ m、層厚100nmのn-InGaAsPの第1の光閉じ込め層2、層厚10nmのn-InPエッチストップ層3、InGaAsP/InGaAsPの10ベアの多重量子井戸層4、組成波長1.2 μ m、層厚100nmのInGaAsPの第2の光閉じ込め層5、層厚10nmのp-InP層6を順に成長する。

【0027】この時、多重量子井戸層4は、組成波長1.6 μ m、層厚7nmのInGaAsP量子井戸層

50

と、組成波長 $1.2\mu\text{m}$ 、層厚 10nm の InGaAsP バリア層とからなり、利得ピーク波長を $1.55\mu\text{m}$ に設定した。

【0028】次に、図1(B)に示すように、通常のフォトリソグラフィを用いて、位相調整領域とDBR領域において、 $p\text{-InP}$ 層6、 InGaAsP の第2の光閉じ込め層5、及び $\text{InGaAsP}/\text{InGaAsP}$ 多重量子井戸層4を選択的にエッチング除去する。

【0029】次に、図1(C)に示すように、二回目のMOVPEで、位相調整領域とDBR領域のみに、組成 $1.3\mu\text{m}$ 、層厚 370nm の InGaAsP チューニング層7、 $p\text{-InP}$ 層6を選択的に成長する。次に、電子ビーム露光法及び塩酸系エッチャントを用いたウェットエッチングまたはドライエッチング等を用いて、DBR領域に、周期 390nm のストライプ状回折格子パターンを形成する。そして、DBR領域の回折格子の谷の部分に、 SiO_2 等の誘電体層8を埋め込む。

【0030】次に、図1(D)に示すように、三回目のMOVPEで、全領域に、層厚 500nm の $p\text{-InP}$ 層6、層厚 100nm の $p\text{-InGaAsP}$ エッチストップ層9、層厚 $1.5\mu\text{m}$ の $p\text{-InP}$ クラッド層10、 $p\text{-InGaAs}$ コンタクト層11を成長する。この時、DBR領域の誘電体層8の部分は、最初の $p\text{-InP}$ 層6によって完全に埋め込まれる。

【0031】次に、フォトリソグラフィとウェットエッチングあるいはドライエッチングによりリッジ導波路を形成する。最後に、 300nm 厚の SiO_2 膜12を熱CVDで成膜し、フォトリソグラフィを用いて、各領域に電流注入用の窓を開け、スパッタリング等を用いて、 p 側に Au/Ti 電極13を、 n 側に Au/Ti 電極14を形成して、波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯の波長可変DBRレーザを実現することができた。

【0032】この波長可変DBRレーザは、DBR領域の回折格子20が、組成波長 $1.3\mu\text{m}$ の InGaAsP のチューニング層7（電流注入によって屈折率が変化する層で、幅 120nm ）と、誘電体層8（屈折率が変化する層で、幅 270nm ）によって形成されているため、位相調整領域とDBR領域に均一に電流を注入した時、DBR領域の等価屈折率変化 Δn_{eff} を、位相調整領域の等価屈折率変化 Δn_{sc} の $1/2$ にすることができる。

【0033】その結果、連続波長制御条件式(1)を満足するように、活性領域を $300\mu\text{m}$ 、位相調整領域を $300\mu\text{m}$ 、DBR領域を $100\mu\text{m}$ に切り出した素子において、両端面劈開の状態で、室温連続動作時、発振しきい値電流 10mA 、片側光出力 30mW 、単一電流を位相調整領域とDBR領域に流すことで連続波長可変幅 7nm という良好な特性を得ることができた。

【0034】

【実施形態2】 <マイクロ共振器波長可変DBRレー

ザ>

図2は、本発明の第2の実施形態に係るマイクロ共振器波長可変DBRレーザの構造を模式的に示す図である。

【0035】このDBRレーザは、前記第1の実施形態の電流注入型波長可変DBRレーザにおけるDBR領域を、さらに活性領域を挟んで反対側にも設けた構造をしており、作製工程等は、前記第1の実施形態と同じである。

【0036】前記第1の実施形態のDBRレーザの回折格子20は、一周周期あたり約32%の反射率が得られるため、回折格子20を5周期程度設けるだけで90%以上の分布反射器の反射率を得ることができる。

【0037】その結果、素子の両側にDBR領域を有する図2のマイクロ共振器波長可変DBRレーザは、共振器長を大幅に短くすることができた。

【0038】作製したマイクロ共振器波長可変DBRレーザは、素子両側のDBR領域長を $10\mu\text{m}$ 、活性領域長を $20\mu\text{m}$ 、位相調整領域長を $20\mu\text{m}$ で切り出したところ、両端面劈開状態で、発振しきい値電流 $200\mu\text{A}$ で発振し、位相調整領域とDBR領域に均一に電流を流すことで連続波長可変幅 5nm という良好な特性を得ることができた。

【0039】また、自然放出光増大係数の増大というマイクロ共振器効果も観測された。

【0040】

【実施形態3】 <抵抗加熱型波長可変DBRレーザ>

図3は、本発明の第3の実施形態に係る抵抗加熱型波長可変DBRレーザの構造を模式的に示す図である。

【0041】本実施形態に係るレーザの作製方法は、基本的に前記第1の実施形態と同じであるが、最後の電極形成プロセスのみが異なり、次のようになる。

【0042】図3を参照して、 300nm 厚の SiO_2 膜12を熱CVD等で成膜し、フォトリソグラフィを用いて、活性領域のみに窓を開ける。位相調整領域とDBR領域には窓を開けない。

【0043】そして、スパッタリング等で p 側に、 $\text{Au}/\text{Pt}/\text{Ti}$ 電極15及び16を、 n 側に Au/Ti 電極14を形成する。

【0044】そして、位相調整領域とDBR領域の p 側電極の Au 層16をエッチングで除去し、 Pt/Ti 電極15とすることで、位相調整領域及びDBR領域に形成された Pt/Ti 電極に電流を流したとき、 Pt の抵抗で発熱するようにする。

【0045】このようにして、抵抗加熱型波長可変DBRレーザを実現することができた。

【0046】この波長可変DBRレーザでは、回折格子20を形成している SiO_2 層の、温度変化に伴う屈折率変化が、半導体層の屈折率変化に比べて十分小さいため、 Pt/Ti 電極が発熱したとき、位相調整領域とDBR領域の温度上昇が同じでも、 $\Delta n_{\text{sc}} = 2 \times \Delta n_{\text{eff}}$

とすることができ、上式(1)の連続波長制御条件を満足することができる。

【0047】活性領域を $300\mu\text{m}$ 、位相調整領域を $300\mu\text{m}$ 、DBR領域を $100\mu\text{m}$ に切り出した素子において、両端面劈開の状態、室温連続動作時、発振しきい値電流 10mA 、片側光出力 30mW 、単一電流をPt/Ti電極に流すことで連続波長可変幅 15nm という良好な特性を得ることができた。

【0048】

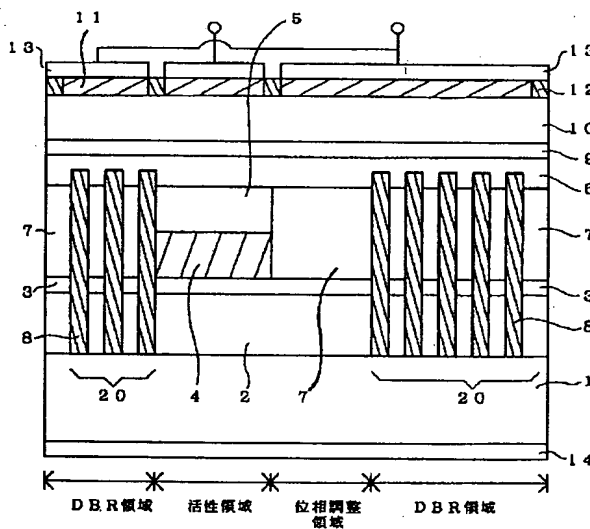
【発明の効果】以上説明したように、本発明による波長可変半導体レーザは、抵抗加熱型、電流注入型のいずれの場合にも単一電流で連続波長制御が可能であるため、その駆動回路の大幅な簡単化を計ることができるという利点を有する。

【0049】更に、本発明の波長可変レーザは、回折格子一周期の反射率が約32%と大きいため、光の反射に必要な回折格子数は約10周期程度(長さ約 $4\mu\text{m}$)とされ、レーザの全共振器長を $50\mu\text{m}$ 程度にマイクロ共振器化することができ、極低しきい値発振が可能であり、コンピュータ内のインターコネクション等にも応用

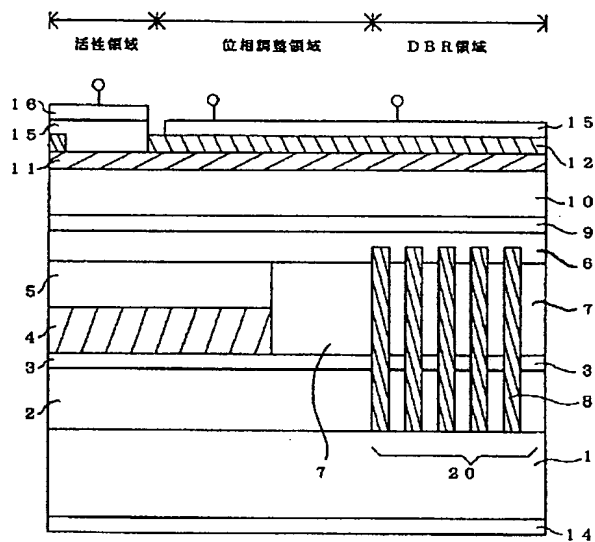
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態を説明するために製造*

【図2】



【図3】



* 工程順に模式的に示した図である。

【図2】本発明の第2の実施形態の構成を説明するための図である。

【図3】本発明の第3の実施形態の構成を説明するための図である。

【符号の説明】

- 1 n-InP半導体基板
- 2 n-InGaAsP第1光閉じ込め層
- 3 n-InPエッチストップ層
- 4 InGaAsP/InGaAsP多重量子井戸層
- 5 InGaAsP第2光閉じ込め層
- 6 p-InP層
- 7 InGaAsPチューニング層
- 8 誘電体層
- 9 p-InGaAsPエッチストップ層
- 10 p-InPクラッド層
- 11 p'-InGaAsコンタクト層
- 12 SiO₂膜
- 13 p側Au/Ti電極
- 14 n側Au/Ti電極
- 15 Pt/Ti電極
- 16 Au電極
- 20 回折格子

【図1】

